

洛阳地区黄胸木蜂访花植物种类及访花行为

贺春玲*, 李雪萍, 张红晓

(河南科技大学林学院, 河南洛阳 471003)

摘要:【目的】明确黄胸木蜂 *Xylocopa appendiculata* 的访花植物种类和访花行为, 为进一步开发和利用木蜂资源奠定基础。【方法】2009–2011 年连续 3 年, 在洛阳地区黄胸木蜂的活动期 3–10 月, 采用目测、拍照等方法记录其访花植物及访花行为, 记录和统计访花植物的生物学特征; 测量访花植物种类被盗蜜后盗蜜口的大小。【结果】在洛阳地区黄胸木蜂访花植物种类为 27 科 52 种, 主要的访花植物有 25 种。采访的植物种类中, 忍冬科和豆科植物最多, 分别为 9 种和 8 种, 占采访植物种类的 17.31% 和 15.38%; 其中黄胸木蜂盗蜜的植物有 16 种, 占其采访植物种类的 30.77%。在采访的植物种类中, 黄胸木蜂喜欢采访中等花型、两侧对称的紫色、黄色和白色花。在不同植物上, 黄胸木蜂的盗蜜口大小和访花频率不同, 黄胸木蜂在臭牡丹上的盗蜜口最大, 为 9.43 ± 1.91 mm, 蜡实上的盗蜜口最小, 为 3.46 ± 0.98 mm; 在紫薇上的访花速度最快, 访花频率为 25.71 ± 2.36 朵/min; 在蜀葵上的单花停留时间和访花间隔时间均最长, 单花停留时间 5.89 ± 3.34 s, 访花间隔时间为 2.63 ± 2.04 s。【结论】在洛阳地区黄胸木蜂访花植物种类多、访花时间长。对于不同的植物种类, 黄胸木蜂的访花行为和访花频率有差异。

关键词: 黄胸木蜂; 访花植物; 访花行为; 盗蜜行为; 花部特征

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2012)04-0444-13

Food plants and foraging behaviors of *Xylocopa appendiculata* (Hymenoptera, Apidae) in Luoyang, Henan Province, central China

HE Chun-Ling*, LI Xue-Ping, ZHANG Hong-Xiao (Forestry College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China)

Abstract: 【Aim】For the further development and utilization of the *Xylocopa* resources, it is necessary to know the food plants and foraging behaviors of *X. appendiculata*. 【Methods】From March to October of the past three years (2009–2011), the floral resources of *X. appendiculata* and its foraging behaviors were observed by visual observation and photographing in fields in Luoyang, Henan Province, central China. Characteristics of plant species utilized as its food resources were recorded. The size of holes in the corolla tube chewed by robbers was measured. 【Results】In natural habitats, there were 52 plant species in 27 different families in Luoyang, Henan Province, central China visited by *X. appendiculata*, and 25 of the species were its major plant resources. The species proportions of Caprifoliaceae and Leguminosae families were dominant (17.31% and 15.38% of the total plant species visited, respectively). Sixteen of the 43 plant species were robbed by *X. appendiculata*, accounting for 30.77% of its visited plants. *X. appendiculata* prefers flowers which are usually medium-sized, zygomorphic, and purple, yellow, or white colored. Significant variations were found in size of robbing holes and flower visiting frequency of *X. appendiculata* in different species. Size of robbing holes in *Clerodendrum bungei* were the maximal (9.43 ± 1.91 mm in diameter), while minimal (3.46 ± 0.98 mm in diameter) in *Kolkwitzia amabilis*. Flower visiting frequency in *Lagerstroemia indica* was the highest, 25.71 ± 2.36 flowers per minute; and the duration of each visit and interval time of *X. appendiculata* between two flowers in *Althaea rosea* were the highest, 5.89 ± 3.34 s per flower and 2.63 ± 2.04 s between two flowers, respectively. 【Conclusion】*X. appendiculata* foraging is characterized by a wide range of food plants and long seasons of activity. Significant variations exist in its foraging behaviors and foraging frequency on different plants.

Key words: *Xylocopa appendiculata*; food plants; foraging behavior; nectar robbing; flower characteristics

基金项目: 河南科技大学博士基金项目(09001446)

作者简介: 贺春玲, 女, 1974 年生, 河南洛阳人, 博士, 讲师, 主要从事昆虫害虫学研究工作, E-mail: hechunling68@126.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: hechunling68@126.com

收稿日期 Received: 2011-12-30; 接受日期 Accepted: 2012-03-29

木蜂隶属于膜翅目 (Hymenoptera), 蜜蜂科 (Apidae), 木蜂亚科 (Xylocopinae), 木蜂族 (Xylocopini), 木蜂属 *Xylocopa* (Minckley, 1998; 吴燕如, 2000; Michener, 2007)。体大型, 长约 13 ~ 30 mm, 是一种重要的传粉昆虫 (吴燕如, 2000; Michener, 2007)。其访花特点有采访的植物种类多、访花时间长、能忍受高温 (40℃)、部分种类能在黄昏或夜间访花 (Somanathan *et al.*, 2008; Keasar, 2010)。该类群非常适合为热带作物, 特别是温室作物和夜间开花的虫媒作物授粉 (Keasar, 2010)。近年来, 有报道木蜂成功为红三叶草 (罗禄怡等, 1992)、温室西红柿 (Hogendoorn *et al.*, 2000) 和温室甜瓜授粉 (Sadeh *et al.*, 2007)。

木蜂大多没有访花专一性, 一般随季节变换采访不同植物。访花植物种类不同, 其访花行为亦有差别, 有从花冠开口处进入访问花朵正常访花的, 也有在花冠上直接打洞并从中取食花蜜的盗蜜行为 (Irwin and Maloof, 2002; 张彦文等, 2006; Navarro and Medel, 2009)。据报道 *Xylocopa cearensis* 在巴西萨尔瓦多一沙丘地域的访花植物种类为 43 种 (Viana *et al.*, 2002); *Xylocopa latipes* 和 *Xylocopa pubescens* 在印度的访花植物总数为 30 种 (Raju and Rao, 2006); 在以色列 *X. pubescens* 和 *Xylocopa sulcatipes* 的访花植物种类分别为 47 和 27 种 (Gerling *et al.*, 1983); *Xylocopa ordinaria* 在巴西里约热内卢北部森林的访花植物种类为 28 种 (Bernardino and Gaglianone, 2008); *Xylocopa tranquebarica* 在东南亚的夜间访花植物至少有 27 种 (Burgett *et al.*, 2005); 贺春玲等 (2009, 2011) 报道长木蜂 *Xylocopa tranquebarorum* 在南京的访花植物有 11 科 21 种, 酿贮蜂粮时的访花植物主要有 13 种。

木蜂也是常见的盗蜜昆虫, 已有报道木蜂对蓝莓 *Vaccinium ashei* (Sampson *et al.*, 2004; Dedej and Delaplane, 2004)、活血丹 *Glechoma longituba* (张彦文和郭友好, 2006)、假连翘 *Duranta erecta* (Navarro and Medel, 2009) 和大叶铁线莲 (梁之聘等, 2010) 等 20 多科植物盗蜜的记录, 且不同性别木蜂的盗蜜行为存在差异, 性别引起的行为差异可能是由昆虫的社会分工不同或生态位分化造成的 (张彦文等, 2006)。中华木蜂 *Xylocopa sinensis* 雌雄个体具有不同的访花特性, 雄蜂的盗蜜行为对活血丹花的损伤程度小于雌蜂, 可能与木蜂雌雄个体大小的差异和活血丹的花部构成有关。在盗蜜现象中, 盗蜜

者和宿主植物之间的关系是复杂的, 盗蜜对宿主植物的影响尤其是对其繁殖适合度的影响归纳起来有正面的、负面的和中性的 3 类 (张彦文和郭友好, 2006; 张彦文等, 2006)。

黄胸木蜂 *Xylocopa appendiculata* (Smith, 1852) 隶属于蜜蜂科 (Apidae) 木蜂属 *Xylocopa* 异木蜂亚属 *Alloxylocopa*, 为亚洲广布种 (Ascher and Pickering, 2011), 主要分布辽宁、甘肃、河北、山西、陕西、河南、山东、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、福建、广东、海南、广西、四川、贵州、云南、西藏; 广布于东亚, 北至俄罗斯远东沿海地区, 日本和朝鲜 (吴燕如, 2000)。采访植物有首话、荆条、木槿、蜀葵、珍珠梅、黄刺玫、千屈菜、小蓟、阳春豆蔻、向日葵、紫藤共 11 种 (吴燕如, 2000)。宋振巧等 (2009) 报道黄胸木蜂为丹参的主要传粉昆虫。梁之聘等 (2010) 报道黄胸木蜂是大叶铁线莲的主要盗蜜昆虫。刘宗才等 (2011) 报道鸢尾 *Iris tectorum* 的花部特征与黄胸木蜂的传粉行为相适应。未见系统报道黄胸木蜂访花行为的文献, 本研究详细观察了洛阳地区黄胸木蜂访花植物种类及其访花行为, 为进一步开发和利用木蜂资源奠定基础。

1 材料与方法

1.1 研究地点

研究地点为洛阳地区, 地理位置为东经 111° 8' ~ 112° 59'、北纬 33° 35' ~ 35° 05' 之间, 属暖温带大陆型季风气候和亚热带雨林气候, 年平均气温 14.2℃, 年均降雨量 540.2 mm。具体观察地点包括洛阳王城公园、洛阳隋唐城遗址植物园、中国国花园、国家牡丹园和洛阳周边的农田、菜区等。黄胸木蜂的访花行为观察主要在洛阳隋唐城遗址植物园, 该园占地面积 190 余公顷, 园内有牡丹园、百草园、梅园、竹园、海棠园、桂花园、芳香园等 17 个专类园区, 全园植物种类达 1 000 多种。

1.2 黄胸木蜂访花植物种类观测

2009 - 2011 年, 连续 3 年在洛阳地区观察黄胸木蜂的访花植物种类, 从早春 3 月黄胸木蜂开始活动至 10 月下旬进入越冬, 定期和不定期跟踪观察黄胸木蜂的访花植物种类和在植物上的访花行为, 辅以拍照和摄像等方法, 统计其访花植物种类, 同时记录访花植物花部特征。具体观察: 3 - 7 月份, 每 1 ~ 2 d 外出 1 次, 拍摄、记录黄胸木蜂的访花情况; 7 - 10 月下旬, 每 3 ~ 4 d 出 1 次, 拍摄、记录黄

胸木蜂的访花情况。

黄胸木蜂采访植物花的大小, 参照 Raju 和 Rao (2006) 文献分为 3 种类型, 即: 小型, 花冠直径小于 1 cm; 中型, 花冠直径在 1 ~ 4 cm 之间; 大型, 花冠直径大于 4 cm。

访花植物的种类鉴定依据各公园的《植物定植图谱》、《中国植物志》(电子版, 2009) 和中国植物物种信息数据库完成。

黄胸木蜂主要访花植物的确定标准: 植物花期长、数量多、花粉和(或)花蜜量大, 在同一花期内黄胸木蜂优先采集的植物(董霞, 2002)。

1.3 黄胸木蜂盗蜜的植物种类观察和统计

植物盛花期, 在黄胸木蜂盗蜜的样地中, 将黄胸木蜂盗蜜过花朵随机摘下, 测量其盗蜜口的长度(样本数 50 ~ 60), 同时测量花管长度、花管口直径和花冠直径(样本数 30)。

1.4 观测量及其统计方法

访花频率(样本数 30 ~ 35), 指黄胸木蜂每分钟内可以访问的花朵数目; 单花停留时间(样本数 100 ~ 125), 指黄胸木蜂接触一朵花到离开该花所用的时间; 访花间隔时间(样本数 100 ~ 120), 指黄胸木蜂离开第一朵花到访问下一朵花所需时间。

1.5 数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 表格处理软件和 SPSS Base Ver. 16.0 统计软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 黄胸木蜂的访花植物种类

从黄胸木蜂在洛阳地区采访植物的种类(表 1; 图版 I, II), 可以看出黄胸木蜂属于多访花性昆虫, 采访的植物涉及到 27 科 52 种, 其中主要的访花植物有 25 种。采访的植物种类中, 忍冬科植物最多(9 种), 占采访植物种类的 17.31%, 其次为豆科(8 种), 占采访植物种类的 15.38%; 在采访的植物类型中, 灌木类植物最多(22 种), 占采访植物种类的 42.31%, 草本植物次之(18 种), 占采访植物种类的 34.62%, 藤本植物最少(仅 3 种), 占采访植物种类的 5.77%。不同花部特征的植物, 黄胸木蜂的访花行为存在一定的差异。对于管状花植物, 黄胸木蜂采访时多为盗蜜行为; 对于非管状花植物, 其多为正常访花。另外, 黄胸木蜂喜欢采访中等大小、两侧对称的紫色、黄色和白色花。

2.2 黄胸木蜂的盗蜜植物种类

在黄胸木蜂采访的 52 种植物中, 其中被盗蜜的植物有 16 种, 占其采访植物种类的 30.77%。盗蜜植物分别为蝟实 *Kolkwitzia amabilis*、锦带 *Weigela florida*、海仙花 *Weigela coraeensis*、金银花 *Lonicera Japonica*、大花六道木 *Abelia grandiflora*、糯米条 *Abelia chinensis*、毛地黄 *Digitalis purpurea*、丹参 *Salvia miltiorrhiza*、小蓟 *Cirsium setosum*、南方六道木 *Abelia dielsii*、迎夏 *Jasminum floridum*、黄芩 *Scutellaria baicalensis*、臭牡丹 *Clerodendrum bungei*、宿根福禄考 *Phlox paniculata*、眉豆 *Lablab purpureus*、野豌豆 *Vicia sepium*。由于有 5 种植物没有相关的记录数据, 所以本研究只分析了 11 种盗蜜植物的花部特征和盗蜜口大小(表 2), 结果表明 11 种盗蜜植物种类中, 花冠直径最大的是毛地黄, 最小的是臭牡丹。花管长度最长的是毛地黄, 最短的是糯米条。花管口直径最大的是毛地黄, 最小的是金银花。黄胸木蜂在 11 种植物上盗蜜的盗蜜口最大是臭牡丹, 为 9.43 ± 1.91 mm; 盗蜜口最小是蝟实, 为 3.46 ± 0.98 mm。用 SPSS 16.0 对黄胸木蜂盗蜜的 11 种植物的盗蜜口大小进行单因素方差分析, 结果显示黄胸木蜂盗蜜口的大小, 不同植物之间有显著差异($P = 0.000 < 0.05$); 对黄胸木蜂盗蜜的 11 种植物之间盗蜜口大小进行两两比较, 结果表明臭牡丹和宿根福禄考 2 种植物之间盗蜜口大小没有显著差异($P = 0.430 > 0.05$), 而臭牡丹和宿根福禄考与其他 9 种植物之间均有显著差异($P < 0.05$)。

2.3 黄胸木蜂的访花行为

2.3.1 黄胸木蜂的访花特点: 在洛阳地区, 黄胸木蜂的活动期为 3 月下旬至 10 月下旬, 雌蜂的活动时间明显长于雄蜂。雌蜂后足宽扁, 后足胫节及基跗节外表面具有长而密的采粉毛刷, 能够携带花粉; 雄蜂后足不特化, 不携带花粉, 但体表能粘附花粉; 在采访植物时, 黄胸木蜂均表现为“就近原则”为主, 但一般不会重复访问。黄胸木蜂的访花技巧与其访花目的和植物的花部特征有关。采访花型大的辐射对称花, 如牡丹和芍药花粉时, 黄胸木蜂从花的正面落入花上直接采集, 如采集木槿、丝瓜、南瓜、蜀葵和荷花花粉蜜时, 黄胸木蜂从花的正面落入花上, 将身体平伸, 喙管伸进蜜腺内, 用力吸取花蜜, 身体紧贴花药, 有时身体抱住花药, 在吸收花蜜的过程中同时采集了花粉; 采访中型的辐射对称花, 如蔷薇科的黄刺玫和月季时, 黄胸木

表 1 黄胸木蜂访问的植物种类的特征

Table 1 Characteristics of plant species utilized as food resources by *Xylocopa (Alloxycopa) appendiculata*

科名 Family	植物种类 Plant species	植物类型 Plant type	花期 Flowering period	花大小 Flower size	花类型 Flower type	花对称性 Floral symmetry	花颜色 Floral colour	花气味 Floral odour	花报酬 Floral reward
十字花科 Cruciferae	二月兰* <i>Orychophragmus violaceus</i>	草本 Herb	4-5 月 Apr. - May	中型 Medium	十字花冠 Cruciform	辐射对称 Actinomorphic	蓝紫色 Bluish purple	有 Odouriferous	花粉和花蜜 Pollen and nectar
	油菜 <i>Brassica campestris</i>	草本 Herb	3-4 月 Mar. - Apr.	中型 Medium	十字花冠 Cruciform	辐射对称 Actinomorphic	黄色 Yellow	有 Odouriferous	花粉和花蜜 Pollen and nectar
	紫藤* <i>Wisteria sinensis</i>	藤本 Climber	4-5 月 Apr. - May	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	紫色 Purple	有 Odouriferous	花蜜和花粉 Pollen and nectar
豆科 Leguminosae	紫荆* <i>Cercis chinensis</i>	灌木 Shrub	3下-5月 Late Mar. - May	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	玫瑰红 Rose Bengal	有 Odouriferous	花粉和花蜜 Pollen and nectar
	野豌豆 <i>Vicia sepium</i>	草本 Herb	4-6 月 Apr. - June	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	紫色 Purple	无 Odourless	花蜜 Nectar
	槐 <i>Sophora japonica</i>	乔木 Tree	5-8 月 May - Aug.	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	乳白 Cream	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
	紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>	乔木 Tree	5-7 月 May - July	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	紫红色 Purplish red	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
	洋槐* <i>Robinia pseudoacacia</i>	乔木 Tree	4-5 月 Apr. - May	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	白色 White	有 Odouriferous	花蜜和花粉 Pollen and nectar
	紫花洋槐* <i>Robinia pseudoacacia</i> var. <i>decaisneana</i>	乔木 Tree	4-5 月 Apr. - May	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	紫红色 Purplish red	有 Odouriferous	花蜜和花粉 Pollen and nectar
芍药科 Paeoniaceae	眉豆 <i>Lablab purpureus</i>	草本 Herb	4-11 月 Apr. - Nov.	中型 Medium	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	紫色、白色 Purple and white	无 Odourless	花蜜 Nectar
	牡丹* <i>Paeonia suffruticosa</i>	灌木 Shrub	4-5 月 Apr. - May	大型 Large	-	辐射对称 Actinomorphic	红色、白色、粉色 Red, white and pink	有 Odouriferous	花粉 Pollen
	芍药 <i>Paeonia lactiflora</i>	灌木 Shrub	4-5 月 Apr. - May	大型 Large	-	辐射对称 Actinomorphic	红色、粉色 Red and pink	有 Odouriferous	花粉 Pollen

续表 1 Table 1 continued

科名 Family	植物种类 Plant species	植物类型 Plant type	花期 Flowering period	花大小 Flower size	花类型 Flower type	花对称性 Floral symmetry	花颜色 Floral colour	花气味 Floral odour	花报酬 Floral reward
鸢尾科 Iridaceae	鸢尾 <i>Iris tectorum</i>	草本 Herb	4 - 6 月 Apr. - June	大型 Large	蝶形 Papilionaceous	两侧对称 Zygomorphic	蓝紫色 Bluish purple	无 Odourless	花蜜 Nectar
葱科 Alliaceae	葱 <i>Allium fistulosum</i>	草本 Herb	7 - 8 月 July - Aug.	小型 Small	-	辐射对称 Actinomorphic	白色 White	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
千屈菜科 Lythraceae	紫薇* <i>Lagerstroemia indica</i>	灌木 Shrub	6 - 9 月 June - Sep.	大型 Large	-	辐射对称 Actinomorphic	红色、粉色或白色等 Red, white, pink, etc.	有 Odouriferous	花粉 Pollen
石竹科 Caryophyllaceae	石竹 <i>Dianthus chinensis</i>	草本 Herb	4 - 9 月 Apr. - Sep.	中型 Medium	-	辐射对称 Actinomorphic	白色、红色 White and red	无 Odourless	花蜜 Nectar
菊科 Asteraceae	向日葵 <i>Helianthus annuus</i>	草本 Herb	6 - 9 月 June - Sep.	小型 Small	舌状、管状 Ligulate and Tubular	辐射对称 Actinomorphic	黄色和棕色 Yellow and brown	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
锦葵科 Malvaceae	小薊 <i>Cephalanoplos segetum</i>	草本 Herb	5 - 6 月 May - June	小型 Small	管状 Tubular	辐射对称 Actinomorphic	淡紫色 Lavender	无 Odourless	花蜜 Nectar
	蜀葵* <i>Althaea rosea</i>	草本 Herb	6 - 9 月 June - Sep.	大型 Large	-	辐射对称 Actinomorphic	红色、白色、粉色 Red, white and pink	有 Odouriferous	花蜜、花粉 Pollen and nectar
	木槿 <i>Hibiscus syriacus</i> L.	灌木 Shrub	6 - 9 月 June - Sep.	大型 Large	-	辐射对称 Actinomorphic	白色、红色、粉色 Red, white and pink	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
卫矛科 Celastraceae	大叶黄杨 <i>Buxus megistophylla</i>	小乔木 Tree	6 - 7 月 June - July	小型 Small	-	辐射对称 Actinomorphic	绿白色 Green white	有 Odouriferous	花粉 Pollen
海桐花科 Pittosporaceae	海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	灌木 Shrub	5 - 6 月 May - June	小型 Small	-	辐射对称 Actinomorphic	白色 White	有 Odouriferous	花粉 Pollen
玄参科 Scrophulariaceae	毛地黄* <i>Digitalis purpurea</i>	草本 Herb	6 - 8 月 June - Aug.	中型 Medium	钟状 Companulate	两侧对称 Zygomorphic	紫红色 Purplish red	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
唇形科 Lamiaceae	丹参* <i>Sabita miltiorrhiza</i>	草本 Herb	5 - 10 月 May - Oct.	中型 Medium	唇形 Labiate	两侧对称 Zygomorphic	蓝紫色 Bluish purple	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
	黄芩* <i>Scutellaria baicalensis</i>	草本 Herb	7 - 10 月 July - Oct.	中型 Medium	唇形 Labiate	两侧对称 Zygomorphic	蓝紫色 Bluish purple	有 Odouriferous	花蜜 Nectar

续表 1 Table 1 continued

科名 Family	植物种类 Plant species	植物类型 Plant type	花期 Flowering period	花大小 Flower size	花类型 Flower type	花对称性 Floral symmetry	花颜色 Floral colour	花气味 Floral odour	花报酬 Floral reward
木犀科 Oleaceae	迎夏* <i>Jasminum floridum</i>	藤本 Climber	5-7 月 May-July	中型 Medium	管状 Tubular	辐射对称 Actinomorphic	黄色 Yellow	无 Odourless	花蜜 Nectar
小檗科 Berberidaceae	南天竺 <i>Nandina domestica</i>	灌木 Shrub	5-7 月 May-July	小型 Small	-	辐射对称 Actinomorphic	黄色 Yellow	有 Odouriferous	花蜜、花粉 Pollen and nectar
马鞭草科 Verbenaceae	臭牡丹* <i>Clerodendrum bungei</i>	灌木 Shrub	5-11 月 May-Nov.	小型 Small	管状 Tubular	辐射对称 Actinomorphic	紫红色 Purplish red	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
睡莲科 Nelumbonaceae	荆条 <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i>	灌木 Shrub	6-7 月 June-July	中型 Medium	唇形 Labiate	两侧对称 Zygomorphic	蓝紫色 Bluish purple	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
	莲 <i>Nelumbo nucifera</i>	草本 Herb	6-9 月 June-Sep.	大型 Large	-	辐射对称 Actinomorphic	红色、粉红、白色 Red, white and pink	有 Odouriferous	花蜜、花粉 Pollen and nectar
	山梅花 <i>Philadelphus incanus</i>	灌木 Shrub	5-7 月 May-July	中型 Medium	-	辐射对称 Actinomorphic	白色 White	无 Odourless	花蜜 Nectar
	溲疏 <i>Deutzia scabra</i>	灌木 Shrub	5-7 月 May-July	中型 Medium	-	辐射对称 Actinomorphic	白色 White	无 Odourless	花蜜 Nectar
花荵科 Polemoniaceae	宿根福禄考* <i>Phlox paniculata</i>	草本 Herb	6-9 月 June-Sep.	中型 Medium	管状 Tubular	辐射对称 Actinomorphic	粉红色 Pink	无 Odourless	花蜜 Nectar
梧桐科 Sterculiaceae	青桐* <i>Firmiana simplex</i>	乔木 Tree	6-7 月 June-July	中型 Medium	-	辐射对称 Actinomorphic	乳黄色 Creamy yellow	有 Odouriferous	花蜜 Nectar
桔梗科 Campanulaceae	桔梗* <i>Platycodon grandiflorus</i>	草本 Herb	7-8 月 July-Aug.	大型 Large	钟状 Companulate	辐射对称 Actinomorphic	暗蓝色 Dark blue	有 Odouriferous	花蜜、花粉 Pollen and nectar
葫芦科 Cucurbitaceae	南瓜 <i>Cucurbita moschata</i>	草本 Herb	5-7 月 May-July	大型 Large	钟状 Companulate	辐射对称 Actinomorphic	黄色 Yellow	无 Odourless	花蜜、花粉 Pollen and nectar
无患子科 Sapindaceae	丝瓜 <i>Luffa cylindrica</i>	草本 Herb	6-8 月 June-Aug.	大型 Large	-	辐射对称 Actinomorphic	黄色 Yellow	无 Odourless	花粉、花蜜 Pollen and nectar
	栾树 <i>Koeberuteria paniculata</i>	乔木 Tree	8-9 月 Aug.-Sep.	小型 Small	-	辐射对称 Actinomorphic	金黄色 Golden yellow	有 Odouriferous	花粉 Pollen
	八角金盘 <i>Fatsia japonica</i>	灌木 Shrub	10-11 月 Oct.-Nov.	小型 Small	-	辐射对称 Actinomorphic	黄白色 Yellow white	有 Odouriferous	花蜜 Nectar

- : 未确定 Not determined. * 黄胸木蜂最喜好采访植物 Plant species most preferred by *Xylocopa appendiculata*.

表 2 黄胸木蜂盗蜜的植物花部形态特征
Table 2 Floral characteristics of the robbed plant species by *Xylocopa appendiculata*

植物种类 Plant species	花冠直径(mm) Corolla diameter	花管长度(mm) Corolla tube length	花管口直径(mm) Corolla tube diameter	盗蜜口直径(mm) Nectar-robbing hole diameter
蜡实 <i>Kolkwitzia amabilis</i>	15.57 ± 2.25	18.69 ± 1.55	10.32 ± 1.39	3.46 ± 0.98 c
锦带 <i>Weigela florida</i>	22.43 ± 1.72	26.63 ± 1.50	13.46 ± 1.77	3.76 ± 1.09 c
金银花 <i>Lonicera japonica</i>	—	39.75 ± 6.06	1.96 ± 0.16	6.03 ± 0.59 b
大花六道木 <i>Abelia grandiflora</i>	15.55 ± 1.50	16.77 ± 1.64	7.05 ± 0.42	4.64 ± 1.12 bc
糯米条 <i>Abelia chinensis</i>	11.82 ± 0.82	6.68 ± 0.67	12.88 ± 0.85	5.01 ± 1.39 bc
毛地黄 <i>Digitalis purpurea</i>	28.83 ± 3.27	46.53 ± 4.06	25.33 ± 1.55	4.38 ± 1.16 bc
丹参 <i>Salvia miltiorrhiza</i>	—	26.64 ± 2.22	8.15 ± 1.02	4.92 ± 1.78 bc
迎夏 <i>Jasminum floridum</i>	14.59 ± 1.09	14.45 ± 0.68	3.61 ± 0.31	3.89 ± 1.91 bc
黄芩 <i>Scutellaria baicalensis</i>	—	24.86 ± 1.65	7.97 ± 0.64	4.50 ± 2.36 bc
臭牡丹 <i>Clerodendrum bungei</i>	11.36 ± 0.96	28.54 ± 2.83	2.09 ± 0.20	9.43 ± 1.91 a
宿根福禄考 <i>Phlox paniculata</i>	24.73 ± 0.96	21.48 ± 1.17	3.30 ± 0.49	8.91 ± 3.41 a

—：未测定 Not determined. 图中数据为平均值 ± 标准差；同列数据后具不同字母表示在 5% 水平上有显著差异。Data in the table are mean ± SD, and those in the same column followed by different letters are significantly different at the 0.05 level.

蜂身体弯曲成弓形抱住花药，然后迅速离开，访花速度快；对于管状花，黄胸木蜂均表现为盗蜜行为。植物种类不同，黄胸木蜂的盗蜜方式也不同，多数情况下，黄胸木蜂是从花的正面落入，用身体抱住花冠，然后向花管基部移动，也有在抱住花冠的同时其口器正好抵达花管基部，完成盗蜜过程；少数植物种类，如臭牡丹、毛地黄等，黄胸木蜂在盗蜜的过程中不接触花冠，直接落在花管处，用足抱住花管完成盗蜜，对于臭牡丹的花较密集，黄胸木蜂在花间运动时，有时会从一朵花爬行到另一朵花，这时候其身体也会接触到花冠。另外，还观察到黄胸木蜂雌雄个体在采访蜡实和锦带花（粉红色）时，访花行为不同，雄蜂表现为盗蜜行为，雌蜂在多数情况下为正常访花。

2.3.2 黄胸木蜂雌蜂的访花频率：在植物盛花期，对黄胸木蜂雌蜂采访的 19 种植物的访花频率进行测定（图 1），结果表明雌蜂在不同阶段采访的植物种类不同，其访花频率不同，在紫薇上的访花速度最快，每分钟的访花朵数为 22 ~ 29 朵之间，平均为 25.71 ± 2.36 朵；其次为黄刺玫，每分钟的访花朵数为 19 ~ 28 朵之间，平均为 24.84 ± 2.23 朵；访花速度最慢的是锦带花，其每分钟访花朵数 6 ~ 11 朵之间，平均为 9.00 ± 0.88 朵。用 SPSS 16.0 对黄胸木蜂雌蜂采访的 19 种植物进行单因素方差分析，结果显示其不同植物上的访花频率有显著差异

($P=0.00<0.05$)，其在紫薇和黄刺玫 2 种植物上的访花频率无显著差异($P=0.06>0.05$)，其在紫薇和黄刺玫 2 种植物上的访花频率与在其他 17 种植物之间的访花频率均表现出显著差异($P=0.00<0.05$)。

2.3.3 黄胸木蜂雌蜂的单花停留时间及访花间隔时间：在植物盛花期，对黄胸木蜂雌蜂采访的 6 种植物的单花停留时间和访花间隔时间进行测定（图 2），结果表明黄胸木蜂雌蜂在各种植物的单花停留时间和访花间隔时间不同，在蜀葵上的单花停留时间和两花之间的间隔时间均最长，单花停留时间在 2.44 ~ 17.4 s 之间，平均 5.89 ± 3.34 s，访花间隔时间在 0.82 ~ 8.39 s，平均为 2.63 ± 2.04 s；在紫薇上的单花停留时间最短，为 0.27 ~ 4.27 s，平均 1.25 ± 0.85 s；雌蜂在访问臭牡丹时，访花间隔时间最短，为 0.49 ~ 2.68 s，平均 1.29 ± 0.74 s。用 SPSS 16.0 对黄胸木蜂采访的 6 种植物之间的单花停留时间和访花间隔时间进行单因素方差分析，结果显示雌蜂在 6 种植物之间的单花停留时间之间有显著差异($P=0.00<0.05$)；对 6 种植物之间单花停留时间进行两两比较，结果表明蜀葵和紫薇与其他 4 种植物之间均有显著差异，而紫荆、黄芩、臭牡丹和青桐之间没有显著差异。雌蜂在 6 种植物之间的访花间隔时间无显著差异($P=0.193>0.05$)。

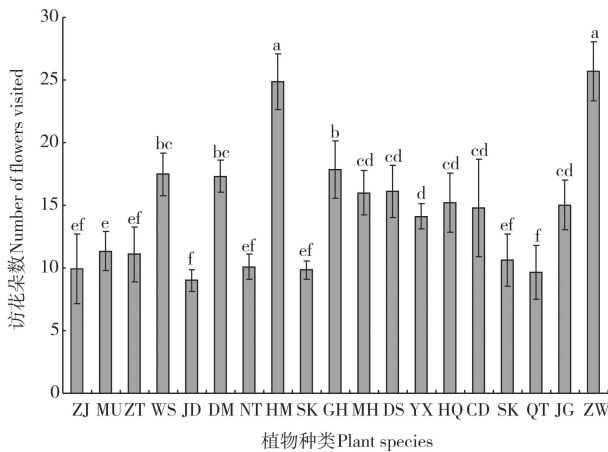


图1 黄胸木蜂雌蜂在不同植物种类上的访花频率

Fig. 1 Foraging frequency of female adults of *Xylocopa appendiculata* in some plant species

ZJ: 紫荆 *Cercis chinensis*; MD: 牡丹 *Paeonia suffruticosa*; ZT: 紫藤 *Wisteria sinensis*; WS: 蝶实 *Kolkwitzia amabilis*; JD: 锦带 *Weigela florida*; DM: 大花六道木 *Abelia grandiflora*; NT: 糯米条 *Abelia chinensis*; HM: 黄刺玫 *Rosa xanthina*; SK: 蜀葵 *Althaea rosea*; GH: 国槐 *Sophora japonica*; MH: 毛地黄 *Digitalis purpurea*; DS: 丹参 *Salvia miltiorrhiza*; YX: 迎夏 *Jasminum floridum*; HQ: 黄芩 *Scutellaria baicalensis*; CD: 臭牡丹 *Clerodendrum bungei*; SK: 宿根福禄考 *Phlox paniculata*; QT: 青桐 *Firmiana simplex*; JG: 桔梗 *Platycodon grandiflorus*; ZW: 紫薇 *Lagerstroemia indica*.

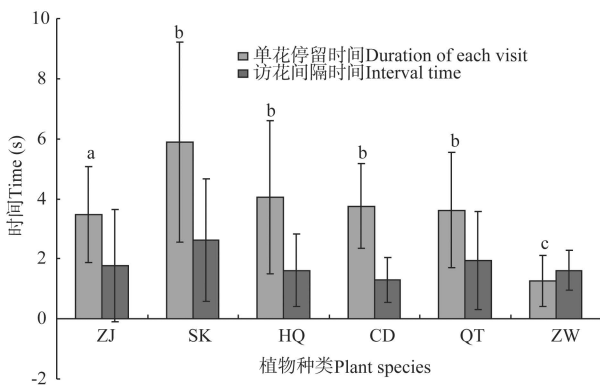


图2 黄胸木蜂雌蜂在不同植物种类上的单花停留时间和访花间隔时间

Fig. 2 Duration of per flower and interval time between two flowers by female adults of *Xylocopa appendiculata* in some plant species

ZJ: 紫荆 *Cercis chinensis*; SK: 蜀葵 *Althaea rosea*; HQ: 黄芩 *Scutellaria baicalensis*; CD: 臭牡丹 *Clerodendrum bungei*; QT: 青桐 *Firmiana simplex*; ZW: 紫薇 *Lagerstroemia indica*.

3 讨论

3.1 黄胸木蜂的访花植物种类

木蜂作为蜜蜂科的一个重要类群,大多没有访

花专一性,一般随季节变化而采访不同的植物,但在同一花期对蜜源植物的选择具有偏爱性。*X. sulcatipes* 和 *X. pubescens* 在以色列采访的植物种类中,主要采访植物有牛角瓜 *Calotropis procera*、*Retama raetam*、*Acacia tortilis* 和 *A. raddianna* 4 种本土植物 (Gerling *et al.*, 1983)。夜木蜂 *X. tranquebarica* 在东南亚主要采访木麻黄科 (Casuarinaceae)、山毛榉科 (Fagaceae) 的栲属 *Castanopsis* 和石栎树 *Lithocarpus*、海桑科 (Sonneratiaceae) 的八宝树 *Duabanga grandiflora* 等夜间开放的本土植物种类 (Burgett *et al.*, 2005)。*X. latipes* 和 *X. pubescens* 在印度主要采访苏木科 (Caesalpiniaceae) (10 种) 和豆科 (5 种) 的植物种类 (Raju and Rao, 2006)。黄胸木蜂是亚洲的广布种,在我国分布非常广泛。本研究结果表明,在洛阳地区黄胸木蜂的访花植物种类有 27 科 52 种,主要采访忍冬科、豆科、蔷薇科、芍药科的牡丹、锦葵科的蜀葵、玄参科的丹参、唇形科的黄芩和迎夏、马鞭草科的臭牡丹以及桔梗科的桔梗等植物,许多植物均为本地的乡土植物,3 年的野外观察发现,黄胸木蜂在整个活动期的访花植物年际间基本一致,这可能是黄胸木蜂与同域植物长期相互适应的结果。蜜蜂科的昆虫种群,其成虫和幼虫是完全依靠植物的花粉和花蜜等资源生存。其幼虫的存活完全依赖于成虫的供食行为,成虫个体的大小和生殖能力在很大程度上取决于幼虫期的营养积累和亲属的投资决策,可为社会性行为的进化提供可能 (秦玉川, 2009)。黄胸木蜂在不同区域访花植物种类可能会有差异,访花植物种类的差异对于物种的遗传特性有无影响还有待进一步研究。

3.2 花部特征对黄胸木蜂的访花行为的影响

花部特征分为两个层次,即花设计和花展示。花设计是指花的结构、颜色、气味和给访花者提供的报酬等所有单花的特征,而花展示是指花在某一时刻开放的数量和在花序上的排列方式 (黄双全和郭友好, 2000)。木蜂访花的主要目的是获取花粉和花蜜,花部诱物和报酬与其觅食关系是植物和动物协同进化的主要内容 (钦俊德, 1987),另外,花的大小、颜色、气味、对称性和开花物候均对其访花行为产生影响。为了有效地觅食,在长期的进化中对花的气味、颜色、开花时间、花提供的报酬等通过学习、记忆和条件化等因素而获得了一定的识别和反应能力,进而在行为上表现出相应的差异 (郭友好, 1994)。Raju 和 Rao (2006) 报道木蜂喜欢

采访中等大小、两侧对称的黄色、淡紫色、乳白色和青白色的花。本研究通过野外观察初步研究了黄胸木蜂访花的花部特征,在洛阳地区黄胸木蜂采访的 52 种植物中,中型大小的紫色、黄色、蓝色和白色花占访花植物种类的 48% 左右;辐射对称性的花型植物多于两侧对称花型的植物;而在黄胸木蜂主要采访的 25 种植物中,两侧对称花型的植物多于辐射对称性的花型植物,其结果与上述报道基本一致。

3.3 黄胸木蜂的访花行为

木蜂是多种虫媒植物,特别是温室蔬菜、瓜类、热带药材、果树、牧草等的重要授粉者(吴燕如, 2000; Raju and Rao, 2006; Sadeh *et al.*, 2007)。连续 3 年的野外观察发现,黄胸木蜂在洛阳地区的活动期一般在 3 月下旬至 10 月下旬,活动时间长,采访的植物种类多。雌蜂的活动时间明显长于雄蜂。观察发现,早春黄胸木蜂访花目的主要是采集花蜜补充营养,在访问紫荆时,雌雄蜂的数量较多,且在蜜源附近婚飞交配(另文报道)。完成交配后,雌蜂的访花目的主要是采集花粉和花蜜酿制蜂粮,雄虫采集花蜜主要是补充营养,野外观察外出采集花粉蜜的雌蜂数量明显多于雄蜂,7-8 月份观察在青桐、黄芩和桔梗等蜜源植物上采集花蜜的主要是雌蜂,雄蜂数量很少;9-10 月份在野外几乎看不到雄蜂的活动。因此我们在本文对其访花频率和访花行为的研究中,主要对雌蜂的访花行为进行分析。有关雌雄木蜂活动时间的差异原因有待进一步研究。

木蜂也是常见的盗蜜者。盗蜜行为的出现是昆虫与寄主植物长期进化的产物,这种特殊的觅食策略,有假说认为是由访花者的口器和植物的花部形态不匹配造成的,也有认为是盗蜜行为提高了觅食效率从而使盗蜜者受益(张彦文等, 2006; Irwin and Adler, 2006)。被盗蜜植物主要是一些具长花管或花上有距(spur)的产蜜植物。黄胸木蜂采访的植物种类中,盗蜜的植物有 16 种,占其采访植物种类的 30.77%,其中多数是因为木蜂的口器和植物的花部形态不匹配引起的,但我们也发现,黄胸木蜂雌雄木蜂在访问蜡实和锦带花时,雌蜂正常行为访花,而雄蜂表现为盗蜜行为,其雌雄木蜂访问同一种植物扮演不同的角色的原因有待进一步深入研究。不同的植物种类黄胸木蜂的盗蜜口有显著差异,盗蜜口的大小对花寿命影响较大,另外对其他次要盗蜜者的访花行为也有直接影响。在观察中发

现,在大花六道木上黄胸木蜂有没有留下盗蜜孔,对隧蜂 *Halictus* sp. (未定种)的访花行为有影响,隧蜂到达花冠后,先寻找盗蜜口,如果有适合大小的盗蜜口,隧蜂从盗蜜口处吸取花蜜,如果没有盗蜜口或者盗蜜口过小,它就返回花冠口部进入花管内吸取花蜜。有关黄胸木蜂的盗蜜行为对其他访花昆虫的影响以及对宿主繁殖适合度的影响均有待进一步研究。

致谢 本研究的野外工作得到家人杨东烁和杨艺航的大力帮助,访花植物的鉴定得到河南科技大学王进涛副教授、楚爱香副教授、高水平老师的大力帮助,在此一并表示感谢。

参考文献 (References)

- Ascher JS, Pickering J, 2011. Discover life's bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). <http://www.discoverlife.org/>.
- Bernardino AS, Gaglianone MC, 2008. Nest distribution and nesting habits of *Xylocopa ordinaria* Smith (Hymenoptera, Apidae) in a restinga area in the northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52: 434-440.
- Burgett M, Sukumalanand P, Vorwohl G, 2005. Pollen species resources for *Xylocopa* (*Nyctomelitta*) *tranquebarica* (F.), a night-flying carpenter bee (Hymenoptera: Apidae) of Southeast Asia. *Science Asia*, 31: 65-68.
- Dedej S, Delaplane KS, 2004. Nectar-robbing carpenter bees reduce seed-setting capability of honey bees (Hymenoptera: Apidae) in rabbiteye blueberry, *Vaccinium ashei*, "Climax". *Environmental Entomology*, 33: 100-106.
- Dong X, 2002. Talk about classification of main nectar plants in China. *Journal of Bee*, (3): 31. [董霞, 2002. 中国主要蜜源植物分级. 蜜蜂杂志, (3): 31]
- Gerling D, Hurd PD, Hefetz A, 1983. Comparative Behavioral Biology of Two Middle East Species of Carpenter Bees (*Xylocopa* Latreille) (Hymenoptera: Apoidea). *Smithsonian Contributions to Zoology*, Vol. 369. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA.
- Guo YH, 1994. Pollination biology and plant evolution. In: Chen JK, Yang J eds. *Plant Evolutionary Biology*. Wuhan University Press, Wuhan. 232-280. [郭友好, 1994. 传粉生物学与植物进化. 见: 陈家宽, 杨继 主编. 植物进化生物学. 武汉: 武汉大学出版社. 232-280]
- He CL, Ji BZ, Liu SW, 2009. Nesting, foraging and food-storing behavior of *Xylocopa tranquebarorum* (Swederus) (Hymenoptera: Apidae). *Acta Entomologica Sinica*, 52(9): 984-993. [贺春玲, 嵇保中, 刘曙雯, 2009. 长木蜂筑巢和采粉贮粮行为. 昆虫学报, 52(9): 984-993]
- He CL, Ji BZ, Liu SW, 2011. Morphology and biology of *Xylocopa tranquebarorum*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(6):

- 1751–1758. [贺春玲, 嵇保中, 刘曙雯, 2011. 长木蜂的形态和生物学观察. 应用昆虫学报, 48(6): 1751–1758]
- Hogendoorn K, Steen Z, Schwarz MP, 2000. Native Australian carpenter bees as a potential alternative to introducing bumble bees for tomato pollination in greenhouses. *Journal of Apicultural Research*, 39: 67–74.
- Huang SQ, Guo YH, 2000. New advances in pollination biology. *Chinese Science Bulletin*, 45(3): 225–237. [黄双全, 郭友好, 2000. 传粉生物学的研究进展. 科学通报, 45(3): 225–237]
- Irwin RE, Adler LS, 2006. Correlations among traits associated with herbivore resistance and pollination: implications for pollination and nectar robbing a distylous plant. *American Journal of Botany*, 93: 64–72.
- Irwin RE, Maloof JE, 2002. Variation in nectar robbing over time, space, and species. *Oecologia*, 133: 525–533.
- Keasar T, 2010. Large carpenter bees as agricultural pollinators. *Psyche*, 2010(Special Issue): 1–7. doi:10.1155/2010/134028.
- Liang ZP, Li HH, Hu BB, Zhao TJ, Ren XB, 2010. Flower-visiting insects and behavior of nectar-robbers associated with *Clematis heracleifolia*. *Acta Entomologica Sinica*, 53(7): 794–801. [梁之聘, 李后魂, 胡冰冰, 赵铁建, 任秀柏, 2010. 大叶铁线莲访花昆虫调查及盗蜜昆虫行为研究. 昆虫学报, 53(7): 794–801]
- Liu ZC, Jiao ZJ, Dong XS, Dai JX, 2011. Floral syndrome and breeding system of *Iris tectorum*. *Acta Horticulturae Sinica*, 38(7): 1333–1340. [刘宗才, 焦铸锦, 董旭升, 代金星, 2011. 鸢尾的花部结构及繁育系统特征. 园艺学报, 38(7): 1333–1340]
- Luo LY, Luo CB, Xie JS, Ding YS, 1992. Study about domestication and utilization of wild bee on herbage seed breeding farm of red clover. *Pratacultural Science*, 9(6): 5–8. [罗禄怡, 罗次毕, 谢继石, 丁应生, 1992. 红三叶草种籽场长木蜂的人工训育及利用研究. 草业科学, 9(6): 5–8]
- Michener CD, 2007. *The Bees of the World*. 2nd ed. The John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 587–611.
- Minckley RL, 1998. A Cladistic Analysis and Classification of the Subgenera and Genera of the Large Carpenter Bees, Tribe Xylocopini (Hymenoptera: Apidae). Scientific Papers, Natural History Museum, University of Kansas, Lawrence, Kansas, No. 9. 1–47.
- Navarro L, Medel R, 2009. Relationship between floral tube length and nectar robbing in *Duranta erecta* L. (Verbenaceae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 96: 392–398.
- Qin JD, 1987. *The Relationship between Insects and Plants*. Science Press, Beijing. 188–204. [钦俊德, 1987. 昆虫与植物的关系. 北京: 科学出版社. 188–204]
- Qin YC, 2009. *Introduction to Insect Ethology*. Science Press, Beijing. 346–380. [秦玉川, 2009. 昆虫行为学导论. 北京: 科学出版社. 346–380]
- Raju AJS, Rao SP, 2006. Nesting habits, floral resources and foraging ecology of large carpenter bees (*Xylocopa latipes* and *Xylocopa pubescens*) in India. *Current Science*, 90: 1210–1217.
- Sadeh A, Shmida A, Keasar T, 2007. The carpenter bee *Xylocopa pubescens* as an agricultural pollinator in greenhouses. *Apidologie*, 38: 508–517.
- Sampson BJ, Danka RG, Stringer SJ, 2004. Nectar robbery by bees *Xylocopa virginica* and *Apis mellifera* contributes to the pollination of rabbiteye blueberry. *Journal of Economic Entomology*, 97: 735–740.
- Somanathan H, Borges RM, Warrant EJ, Kelber A, 2008. Visual ecology of Indian carpenter bees I: light intensities and flight activity. *Journal of Comparative Physiology A*, 194: 97–107.
- Song ZQ, Wang JH, Wang HG, Zhao FJ, Hao LW, 2009. Studies of the floral biology, breeding characters of *Salvia miltiorrhiza*. *Acta Horticulturae Sinica*, 36(6): 905–910. [宋振巧, 王建华, 王洪刚, 赵夫娟, 郝力武, 2009. 丹参开花与繁育特性研究. 园艺学报, 36(6): 905–910]
- Viana BF, Kleinert AMP, Silva FO, 2002. Ecology of *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *cearensis* (Hymenoptera, Anthophoridae) in Abaeté sand dunes, Salvador, Bahia. *Iheringia, Serie Zoologia*, 92: 47–57.
- Wu YR, 2000. *Fauna Sinica. Insecta, Vol. 20, Hymenoptera: Melittidae, Apidae*. Science Press, Beijing. 106–141. [吴燕如, 2000. 中国动物志(昆虫纲, 第二十卷, 膜翅目, 准蜂科, 蜜蜂科). 北京: 科学出版社. 106–141]
- Zhang YW, Guo YH, 2006. Preliminary study of the causes and pattern of behavioural differences between male and female carpenter bees (*Xylocopa sinensis*) during nectar robbing in *Glechoma longituba* (Lamiaceae). *Journal of Wuhan University (Natural Science Edition)*, 52(2): 235–240. [张彦文, 郭友好, 2006. 雌雄木蜂对活血丹盗蜜的行为差异及原因. 武汉大学学报(理学版), 52(2): 235–240]
- Zhang YW, Wang Y, Guo YH, 2006. The effects of nectar robbing on plant reproduction and evolution. *Journal of Plant Ecology*, 30(4): 695–702. [张彦文, 王勇, 郭友好, 2006. 盗蜜行为在植物繁殖生态学中的意义. 植物生态学报, 30(4): 695–702]

(责任编辑: 袁德成)

贺春玲等：洛阳地区黄胸木蜂访花植物种类及访花行为

图版 I

HE Chun-Ling *et al.*: Food plants and foraging behavior of *Xylocopa appendiculata*
(Hymenoptera, Apidae) in Luoyang, Henan Province, center China

Plate I



1: 采访臭牡丹 Visiting *Clerodendrum bungei*; 2: 采访葱 Visiting *Allium fistulosum*; 3: 采访丹参 Visiting *Salvia miltiorrhiza*; 4: 采访二月兰 Visiting *Orychophragmus violaceus*; 5: 采访海桐 Visiting *Pittosporum tobira*; 6: 采访红王子锦带 Visiting *Weigela florida variegata*; 7: 采访黄芩 Visiting *Scutellaria baicalensis*; 8: 采访毛地黄 Visiting *Digitalis purpurea*; 9: 采访眉豆 Visiting *Lablab purpureus*; 10: 采访青桐 Visiting *Firmiana simplex*; 11: 采访溲疏 Visiting *Deutzia scabra*; 12: 采访丝瓜 Visiting *Luffa cylindrica*; 13: 采访石竹 Visiting *Dianthus chinensis*; 14: 采访小蓟 Visiting *Cephalanoplos segetum*; 15: 采访宿根福禄考 Visiting *Phlox paniculata*.

贺春玲等：洛阳地区黄胸木蜂访花植物种类及访花行为

图版 II

HE Chun-Ling *et al.*: Food plants and foraging behavior of *Xylocopa appendiculata* (Hymenoptera, Apidae) in Luoyang, Henan Province, center China

Plate II



1: 采访迎夏 Visiting *Jasminum floridum*; 2: 采访油菜 Visiting *Brassica campestris*; 3: 采访皱叶荚蒾 Visiting *Viburnum rhytidophyllum*; 4: 采访野豌豆 Visiting *Vicia sepium*; 5: 采访鸢尾 Visiting *Iris tectorum*; 6: 采访紫荆 Visiting *Cercis chinensis*; 7: 采访月季 Visiting *Rosa chinensis*; 8: 采访黄刺玫 Visiting *Rosa xanthina*; 9: 采访猬实 Visiting *Kolkwitzia amabilis*; 10: 采访蜀葵 Visiting *Althaea rosea*; 11: 采访糯米条 Visiting *Abelia chinensis*; 12: 采访桔梗 Visiting *Platycodon grandiflorus*; 13: 采访南天竺 Visiting *Nandina domestica*; 14: 雄蜂采访锦带 Visiting *Weigela florida* (male carpenter bees); 15: 雌蜂采访锦带 Visiting *Weigela florida* (female carpenter bees); 16: 采访南方六道木 Visiting *Abelia dielsii*.